Aus der Klinik und Poliklinik für kleine Haustiere an der
Veterinärmedizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin
Direktor: Prof. Dr. L. Felix Müller

Kalium-, Natrium- und Chlorblutserumspiegeluntersuchungen beim Pyometrakomplex der Hündin und unter dem Einfluss der Hysterektomie

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors
der Veterinärmedizin
an der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Dieter Farnow
Tierarzt aus Spremberg / NL
Berlin 1963
Journal Nr. 405

Aus der Klinik und Poliklinik für kleine Haustiere an
der Veterinärmedizinischen Fakultät der Freien Universität
Berlin
Direktor: Prof. Dr. L. Felix Müller

KALIUM-, NATRIUM- UND CHLOR-BLUTSERUMSPIEGELUNTERSUCHUNGEN BEIM PYOMETRAKOMPLEX DER HÜNDIN UND UNTER DEM EINFLUSS DER HYSTEREKTOMIE

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors
der Veterinärmedizin
an der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
DIETER FARNOW
Tierarzt aus Spremberg / NL

Berlin 1963

Journal Nr. 405

Gedruckt mit Genehmigung
der Veterinärmedizinischen Fakultät
der Freien Universität Berlin

Dekan: Prof. Dr. H. J. Heidrich
Referent: Prof. Dr. L. Felix Müller
Korreferent: Prof. Dr. Dr. Dr. G. Schützler

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Tag der mündlichen Prüfung: 20. 2. 1963

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

I.	Einleitung	5
II.	Schrifttum	7
III.	a. Material und Methoden	17
	b. Ergebnisse	23
	c. Diskussion	27
IV.	Zusammenfassung	31
V.	Literaturverzeichnis	33

I. Einleitung

Veränderungen des Elektrolyt- und Wasserhaushaltes haben in der Pathogenese der Krankheiten immer stärkere Beachtung gefunden. Störungen des Elektrolythaushaltes lassen sich vor allem bei solchen Krankheiten erwarten, die mit Flüssigkeitsverlusten, etwa durch Erbrechen und Durchfälle sowie mit mangelnder Futter- bzw. Flüssigkeitsaufnahme oder mit Polydipsie und Polyurie einhergehen. Sie könnten daher auch bei den Gebärmuttererkrankungen der Hündin eine Rolle spielen, die, endokrin bedingt, als Pyometra-Komplex bezeichnet werden. Zu diesen durch die Grundkrankheit möglicherweise hervorgerufenen Elektrolytverschiebungen kommt weiterhin der Einfluß des Operationstraumas einschließlich der Narkose bei der Behandlung der "Pyometra" hinzu.

Orientierende Untersuchungen liegen dazu bisher nur von Dick vor. Es sollte daher die Aufgabe der vorliegenden Arbeit sein, an einem erweiterten Material festzustellen, inwieweit Verschiebungen im Wasser- und Elektrolythaushalt bei der "Pyometra" der Hündin insbesondere unter dem Einfluß der Hysterektomie bestehen. Damit sollte ein Beitrag zum weiteren Verständnis der Pathogenese dieser bei den älteren Hündinnen so häufigen Krankheit geleistet und zugleich geprüft werden, ob sich Möglichkeiten zur therapeutischen Beeinflussung vor allem in der prä- und postoperativen Phase ergeben.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548012_0092

II. Schrifttum

Die Elemente Natrium, Kalium und Chlor sind in der Körperflüssigkeit in ionisierter Form vorhanden. Natrium und Chlor kommen hauptsächlich im extrazellulären, Kalium hauptsächlich im intrazellulären Raum vor (37). Dies zeigt der Natrium-, Kalium- und Chlorgehalt des Blutplasmas bzw. der interstitiellen Flüssigkeit deutlich. Natrium macht über 90 % der Kationen und Chlor fast 70 % der Anionen aus, während Kalium nur in einer Menge von etwa 1/30 des Natriums vorhanden ist (37). In den Erythrocyten dagegen beträgt der Kaliumgehalt nach Dohrmann (14) 105 mäq/l, der Natriumgehalt jedoch nur 15 mäq/l.

An der Regulierung des Elektrolyt- und Wasserhaushaltes sind die Nebennierenrinde und der Komplex Hypophysenvorderlappen-Zwischenhirn auf hormonellem Wege beteiligt (26). Die Hormone der Nebennierenrinde regulieren die Rückresorption der Natrium- und Chlorionen. Darunter wird das Aldosteron als das eigentliche natriumretinierende Hormon bezeichnet (10). Bei allen Zuständen, die zu vermehrtem Natriumverlust Anlaß geben, wird es in erhöhter Menge im Urin ausgeschieden, was auf eine regulatorisch vermehrte Produktion hinweist (42). Fehlt dieses Hormon, so ist die Niere nicht mehr in der Lage, die Natrium- und Chlorionen zurückzuhalten, und ihre Konzentration im Blutplasma sinkt ab. Dementsprechend wird auch die Menge der extrazellulären Flüssigkeit reduziert. Umgekehrt steigt jedoch die Kaliumkonzentration in den Zellen (37).

Das ADH, ein Hormon des Hypothalamus-Hypophysenvorderlappen-Systems, reguliert die Rückresorption des Wassers. Sein Ausfall bedingt eine erhöhte Wasserausscheidung mit Rückwirkung auf die Elektrolytkonzentration im extrazellulären Raum. Als drittes Organ greift die Niere regulierend in den Wasser- und Elektrolythaushalt ein. Sie ist verantwortlich für die Ausscheidung überzähliger Natrium- und Kaliummengen (24). Diese Ausscheidung beruht auf dem Zusammenwirken von Glomerulusfiltration, Rückresorption durch die proximalen und Sekretion durch die distalen Tubuli (9). Eine Erhöhung der Kaliumwerte im Serum bis auf das doppelte der Norm fand man bei Anurie (20).

Als Nahrungsfaktor spielt das NaCl eine große Rolle. Es muß dem Körper eine Mindestmenge zugeteilt werden, um das Leben der Zellen und ihre Funktionen zu gewährleisten. Nach Untersuchungen von Bunge (9) steht das NaCl-Bedürfnis des Organismus im Zusammenhang mit der Kaliumaufnahme. Vermehrte Kaliumzufuhr erhöht die Natrium- und Chlorausscheidung im Harn.

Eine besondere Aufgabe haben die Elektrolyte bei der Muskelkontraktion. Zwischen dem Inneren der Muskelfaser und der umgebenden Flüssigkeit herrscht eine ungleiche Ionenverteilung. Bei der Muskelkontraktion tritt Kalium aus dem Muskel aus, während Natrium in die Zelle eintritt (20). Diesen Potentialausgleich haben O'Brien und Wilde durch Beladung des Muskels mit radioaktivem K_{42} nachgewiesen (44).

Als Kaliumdepot kann die Muskulatur die Kaliumkonzentration im Blut erhalten. Kommt es zu einem Kaliumverlust der extrazellulären Flüssigkeit, versucht die Muskelzelle diesen auszugleichen (51). Ist der Kaliumgehalt in der extrazellulären Flüssigkeit dagegen erhöht, so kann die Muskelzelle ohne eigenen Bedarf Kalium aufnehmen (49).

Die Wirkung des Kaliums auf das Herz ist lange bekannt. Ein Kaliumübergewicht ruft Pulsverlangsamung, Verstärkung der Herzkontraktion und schließlich Herzlähmung mit distolischem Herzstillstand hervor. Auch Kaliumverarmung des Serums führt zu schweren Reizleitungsstörungen am Herzmuskel. Ein in kaliumfreier isotonischer Lösung eingelegtes Herz kommt schnell zum Stillstand. Durch Hinzufügen von Kalium in physiologischer Konzentration setzt die normale Herzfunktion wieder ein.

Das glykogenreiche Lebergewebe spielt eine wichtige Rolle im Elektrolytstoffwechsel. Die Bildung aerober Säuren im Gewebe bei der Spaltung der Kohlenhydrate ist nur mit Hilfe von Kaliumionen möglich. Deshalb ruft Kaliummangel im Lebergewebe gefährliche Schädigungen hervor (49, 8). Umgekehrt kommt es bei Erkrankungen des Leberparenchyms zu Elektrolytverschiebungen. Wolff und Koszorek (55) fanden bei der akuten Hepatitis eine Verminderung der Natrium- und Chlor- und eine erhöhte Kaliumausscheidung im Harn. Auch bei chronischen Leberparenchymschäden sind Hypokaliaemien festgestellt worden (2).

Die Zunahme der Kaliumausscheidung infolge Hungerns ist nach Brandt und Wirth (6) eine Folge von Gewebseinschmelzung. Durch das hierbei abgebaute Eiweiß wird Kalium frei.

Bei den Erkrankungen der Nieren kommen die verschiedensten Elektrolytverschiebungen vor (31, 36, 29, 50). Heuchel beobachtete bei an Urämie erkrankten Menschen eine Kaliumerhöhung und Natriumverminderung. Er erklärte die Veränderungen der Elektrolytkonzentration mit Gefäßwandschädigungen bedingt durch die urämische Intoxikation, so daß es zu einem Austritt von Natrium aus dem Gefäßsystem und Einwanderung von Kalium aus dem Gewebe kommt (29). Köhler stellte bei urämischen Hunden ebenfalls eine Hyponatriämie bzw. Hyperkaliämie fest (33).
Kaliummangelerscheinungen sind in seltenen Fällen auch bei chronischen Nierenkrankheiten beobachtet worden (50).

Verschiedene Medikamente haben eine Wirkung auf den Elektrolythaushalt.
Quecksilberdiuretica bewirken durch Ausschaltung des Tubulusapparates der Nieren eine Einschränkung der Rückresorption der Elektrolyte. Es setzt eine vermehrte Natrium- und Chlorausscheidung mit dem Harn ein, was zu einer Erniedrigung des Elektrolytspiegels im Serum führt (43).
Die Digitalisglykoside bewirken auch eine vermehrte Kalium-, Natrium- und Chlorausscheidung im Harn (25).

Engel (19) beschreibt bei Exsiccosen einen steigenden Kaliumgehalt im Serum bei gleichzeitigem intrazellulären Kaliummangel.

Bei Durchfallerkrankungen werden erhebliche Elektrolytverluste beobachtet. Nach Darrow (11) können die Natriumverluste bis zu 2/3 des Bestandes ausmachen.

Häufiges Erbrechen führt wegen Salzsäureverarmung durch den Magensaft zur Verarmung des Blutes an Chlorid (16). Daneben kommt es zu einem Kalium- und Natriumdefizit.

Durch den Verlust basenbildender Elemente, wie Natrium und Kalium, versagt der Kohlensäure-Bicarbonat-Puffer des Serums. Das HCO_3^- zerfällt in H_2O und CO_2. Die Folge ist ein Abfall des pH-Blutwertes. Dieser Zustand wird als Acidose bezeichnet.

Das CO_2 bewirkt eine Reizung des Atemzentrums mit gesteigerter Ventilation. Es wird abgeatmet, um den physiologischen pH-Wert des Blutes wieder herzustellen. Ist diese Kompensation nicht möglich und bleibt die Reaktion des Blutes sauer, kommt es zu Bewußtseinsstörungen, zum Koma und schließlich zum Tode. Umgekehrt entsteht eine Alkalose durch Mangel an Säuren infolge übermäßiger Zufuhr von Alkalien bzw. mangelnder Ausschüttung dieser Stoffe durch die Nieren. Es tritt eine Verschiebung des pH-Wertes in das alkalische Milieu ein. Zu einer Alkalose führt aber auch ein starker Chlorionenverlust bei Erbrechen. Klinisch äußert sich die Alkalose in einer Steigerung der neuromuskulären Erregbarkeit bis hin zu tetanischen Krämpfen (14, 50).

Über die Normalwerte der Elektrolyte beim Hund berichten u.a. folgende Autoren.

Brandt und Wirth (6) fanden eine physiologische Serumkonzentration

für Natrium von 137,5-148,7 mäq/l
für Kalium von 3,8- 4,8 mäq/l
für Chlor von 106,7-112,0 mäq/l

Prieur (47) veröffentlichte folgende Werte

für Natrium von 135,0-160,0 mäq/l .

für Kalium von 3,7- 5,8 mäq/l

für Chlor von 99,0-110,0 mäq/l

Albritton (1) gibt nachstehende Mittelwerte an

für Natrium 143,0 mäq/l

für Kalium 4,4 mäq/l

für Chlor 106,0 mäq/l

In der jüngsten Zeit berichtet Köhler (33) von Elektrolytuntersuchungen an 140 klinisch gesunden Hunden. Er fand eine mittlere Kaliumkonzentration des Serums von 4,43 mäq/l und eine mittlere Natriumkonzentration von 146,43 mäq/l.

Elektrolytüberschüsse bzw. -mängel verlaufen unter bestimmten klinischen Bildern.

Die H y p o k a l i ä m i e zeigt als erstes Symptom eine Schwäche der Extremitätenmuskulatur mit Reflexausfällen. Eine Steigerung dieses Zustandes kann bis zur vollständigen Lähmung führen. Die Mitbeteiligung des Zwerchfells und der Interkostalmuskulatur bedingt eine gleichzeitige Dyspnoe. Auch die geistige Apathie des Kranken ist charakteristisch. Als drittes Hauptsymptom des schweren Kaliummangels sind kardiovasculäre Störungen zu werten. Die Herzfrequenz ist erhöht, der diastolische Blutdruck sinkt ab. Im Elektrokardiogramm finden sich eine QT-Verlängerung; dabei sind die ST-Strecken gesenkt (50). Diese EKG-Veränderungen sind aber nicht pathognomonisch, da sie bei ausgeprägten Hypokaliämien fehlen können (38), andererseits treten sie aber bei ganz normalen Kaliumplasmawerten auf (40).

Die H y p e r k a l i ä m i e ist immer durch Veränderungen im Elektrokardiogramm gekennzeichnet. Es tritt eine Zunahme der QRS-Dauer, ST-Senkung, Abflachung der P-Zacke, Kammereigenrhythmus, schließlich Kammerflimmern oder Herzstillstand auf. Außerdem ist der Blutdruck erhöht, der Puls zunächst verlangsamt, später arhythmisch.

Die H y p o n a t r i ä m i e ist durch Verminderung der extrazellulären Flüssigkeit charakterisiert.

Marriot (39) teilt den vorwiegenden Natriummangel in drei Phasen ein.

Geringe bis mäßige Natriumverarmung:

Der Patient ist apathisch, beim Aufrichten des Körpers tritt Schwindel und Kollapsneigung auf. Der Natrium- und Chlorgehalt des Urins ist sehr gering.

Mäßige bis schwere Natriumverarmung:

Der Patient ist abgeschlagen, und Schwindel sowie Kollapsneigung treten schon im Liegen auf. Es besteht ein Blutdruckabfall. Natrium und Chlor sind im Harn nicht mehr nachweisbar.

Schwere Natriumverarmung:

Der Patient ist apathisch, bewußtseinsgetrübt und in schweren Fällen komatös. Häufig tritt Übelkeit und Erbrechen auf.

Stets wird bei der Natriumverarmung wenig Durst geäußert.

Die H y p e r n a t r i ä m i e ist selten. Ihre Symptome sind durch die Ausweitung des extrazellulären Raumes geprägt. Es werden Ödeme und bei zunehmender Atemnot Pleuraergüsse beobachtet (50).

Über den Einfluß der Narkose auf den Elektrolytstoffwechsel berichten verschiedene Autoren.
Eisler (15) stellte nach einfacher Äther- und Somnifennarkose (WZ) bei Hunden keine nennenswerte Veränderung des Chlorgehaltes fest.

Nach Kilian-Weese (34) sinkt der Kaliumspiegel nach der Narkose ab. Auch Blixenkrone-Møller (5) berichten über einen erheblichen Anstieg der Kaliumausschwemmung nach Morphin-Scopolamin-Injektion. Braun fand nach Einwirkung von Chlorpromazin verstärkte Elektrolytverluste (7). Es wird vermutet, daß diese postnarkotischen Elektrolytverluste die Folge eines Wasserverlustes der Zellen und dadurch hervorgerufener Diureseerhöhung sind.

Neben der Narkose hat die Operation an sich einen erheblichen Einfluß auf den postoperativen Elektrolythaushalt.
Einheitlich berichten alle Autoren auf Grund ihrer Bilanzuntersuchungen über eine vermehrte Kaliumausscheidung und eine Natriumretention im Harn in den ersten zwei bis drei postoperativen Tagen.
Unterschiedliche Ergebnisse liegen jedoch über die postoperativen Serumelektrolytkonzentrationen vor. Während ein Teil der Verfasser eine Kalium-Serum-Erniedrigung und Natrium-Serum-Erhöhung nach der Operation fanden (32, 18, 52, 48), sahen andere eine Kaliumerhöhung bzw. eine Natriumerniedrigung im Serum (50).

Die Autoren machten ihre Untersuchungen vor und nach verschiedenen schweren chirurgischen Eingriffen, z. B. äußeren Gallenfisteln (13), Gastroenterostomien, Cholecystektomien, Mammaamputationen, Magenresektionen (53), einer Appendektomie (48) und Hysterektomien (12, 17).

Die Ursache der Elektrolytverschiebungen infolge des Operationstraumas sehen alle Untersucher in einer erhöhten Nebennierenrindenaktivität als Ausdruck einer "stress-Situation" (12, 18).
Eine negative Kaliumbilanz mit zum Teil recht erheblicher Serum-Kalium-Verminderung wird postoperativ außerdem noch mit einer verstärkten intrazellulären Fixation des zur Zellregeneration notwendigen Kaliums erklärt (5, 52).
Schwab-Kühns (50) macht für einen postoperativen Anstieg der Kalium Konzentration im Serum die Mobilisierung intrazellulären Kaliums und für einen Abfall der Natriumkonzentration neben einer Wasserretention eine Natriumverschiebung vom extrazellulären in den intrazellulären Raum verantwortlich.

III. a Material und Methode

Das für meine Arbeit benötigte Hundematerial bestand aus Patienten der Klinik und Poliklinik für kleine Haustiere der Freien Universität Berlin, die an "Pyometra" erkrankt waren. Darunter sind endokrin bedingte Gebärmutterveränderungen zu verstehen, die mehr oder weniger durch Eiteransammlung und -ausfluß charakterisiert sind (12).

Es wurden bei 44 Hunden Kalium- und Natriummessungen und bei 16 Hunden Untersuchungen des Chlorspiegels im Serum vorgenommen.

Bei jedem Patienten sind jeweils für die Natrium-, Kalium- und Chlorbestimmung zwei Messungen gemacht worden. Die erste 15 Minuten vor der Hysterektomie, die zweite 24 h danach.

Natrium und Kalium ist im Blutserum mit dem Flammenphotometer PF 5 der Fa. Zeiss bestimmt worden.
Die grundsätzliche Wirkungsweise des Zeiss-Flammenphotometers ist folgende: Die einer Stahlflasche entnommene Druckluft wird über einen Regler dem Zerstäuber zugeführt. Durch eine Kanüle wird die zu untersuchende Flüssigkeit angesaugt und zerstäubt. An der Wand der Zerstäuberkammer schlagen sich die groben Tropfen nieder und fließen in ein Ablaufgefäß ab. Die fein zerstäubten Tropfen gelangen mit dem Luftstrom in den Brenner, in dem aus einer Leitung Azetylen zugemischt wird. Die Flamme emittiert die charakteristische Strahlung der Analysenelemente, die durch einen Kondensor weitergeleitet, durch ein Lichtfilter spektral

gereinigt und von einem Sekundärelektronenvervielfacher aufgenommen wird. Der vom Vervielfacher abgegebene elektrische Strom wird verstärkt und von einem Meßinstrument angezeigt. Ich benutzte die Spezialskala "Serum 214", von der man direkt die Gehalte von Natrium und Kalium in Milligramm/100 ml Serum ablesen kann, wo-durch die Aufstellung von Eichkurven überflüssig wurde.

Die Blutprobe wurde durch Punktion der Vena cephalica antebrachii genommen. Das Blut ließ ich unter Verwendung weiter sterilisierter Kanülen sofort in ein silikonisiertes Zentrifugenglas tropfen. Obwohl vollhämolytische Seren beim Hund nur einen Kaliumgehalt von 0,2 bis 0,5 mg% über dem normalen Serum zeigen (33), habe ich hämolytische Seren verworfen. Das Serum wurde 15 Minuten zentrifugiert und zwar bei 3000 Umdrehungen/Minute. Bei Bildung einer Speckhaut löste ich diese und zentrifugierte noch einmal 10 Minuten lang.

Bevor nun mit der flammenphotometrischen Messung begonnen werden kann, ist es nötig, einige Lösungen, die zur Eichung des Photometers bzw. zur Verdünnung des Serums nötig sind, herzustellen. Als Standard- und Verdünnungslösung diente die Titrisollösung nach Herrmann der Fa. E. Merck, Darmstadt. Es wurden folgende Lösungen hergestellt:

Die V e r d ü n n u n g s l ö s u n g besteht aus 0,1 n Salzsäure zur Homogenisierung des Serums, der noch ein Netzmittel (Sterox) zugesetzt worden ist, um die Oberflächenspannung bei der Zerstäubung zu erniedrigen. Sie wird zur Verdünnung der Eich- und Blindlösungen benutzt.

Die K - B l i n d l ö s u n g diente zur Einstellung des Nullpunktes für die Kaliumbestimmung. Man stellt diese Lösung her, indem man den Inhalt der Titrisolampulle mit aqua bidestillata auf 1000 ml auffüllt.
Als Natriumblindlösung dient die Verdünnungslösung.

Mit der H a u p t e i c h l ö s u n g wird ein zweiter Eichpunkt festgelegt.

Sie enthält: 330 mg% Natrium
15 mg% Kalium
10 mg% Calcium

Von großer Wichtigkeit ist die Aufbewahrung der Lösungen. Sie werden in Kautexflaschen gefüllt, da die handelsüblichen Glasflaschen Ionen an die Flüssigkeit abgeben (23). Diese Flaschen müssen immer fest verschlossen sein, um Verunreinigungen durch die Luft und um etwa auftretenden Konzentrationsverschiebungen durch Verdunstung zu verhindern (53).

Auch die Reinigung, d. h. die Sauberkeit aller zur Messung benötigten Gefäße ist von großer Bedeutung für die Genauigkeit des Meßvorganges.
Es wird folgende Reinigungsmethode empfohlen (56):
Einlegen der Glasgefäße 24 Stunden lang in kalte Chromschwefelsäure, anschließend mehrere Male mit Leitungswasser, danach mit destilliertem Wasser waschen und schließlich ausspülen mit aqua bidestillata. Darauf Trocknung der Geräte im Trockenschrank.

Zur flammenphotometrischen Messung werden die zu analysierenden Sera und die Eich- und Blindlösungen mit Verdünnungslösung verdünnt, und zwar zur Natriumbestimmung 1 : 100 und zur Kaliumbestimmung 1 : 20.

Die Inbetriebnahme des Flammenphotometers beginnt, indem man zuerst die Luft- und dann die Azetylenleitung öffnet und einen Druck von 1 kg / cm^2 bzw. 175 mm WS einstellt. Diese bestimmten Drucke garantieren eine Flammenqualität, wie sie für die Messung nötig ist.
Wenn die Flamme durch elektrische Zündung brennt, wird der Hauptschalter in Mittelstellung (markierter Punkt) gebracht und die Lichtmarke auf 0 gestellt. Durch Umlegen des Schalters auf I wird nun der Verstärker eingeschaltet und wieder die Lichtmarke auf 0 gestellt. Nach Einschaltung des gewünschten Filters (Natrium oder Kalium) und der Dämpfungsstufe, die zum Ausgleich der Schwankungen dient, wird die Blindlösung zerstäubt und die Lichtmarke mit Hilfe des Kompensationsreglers auf 0 gebracht. Nach Zerstäubung der Haupteichlösung und Regulierung für Kalium auf 15 mg% bzw. Natrium auf 330 mg% wird das zur Messung bestimmte Serum zerstäubt und das Resultat von der Skala in mg% abgelesen.

Bei dem Meßvorgang muß mit verschiedenen Ungenauigkeiten gerechnet werden. Dies sind:
I n k o n s t a n t e s B r e n n e n der Flamme (27) verursacht durch Zugluft, Nichteinhaltung der vorgeschriebenen Betriebsdrucke, Verunreinigung der Raumluft und der Brennerkappe.

Gegenseitige Beeinflussung der Elemente in der Intensität ihrer Spektrallinien (45, 3) kommt vor bei großen Konzentrationen der Lösungspartner. Wegen der verhältnismäßig hohen Natriumkonzentration im Verhältnis zu der des Kaliums muß der Natriumanteil bei der Kaliummessung berücksichtigt werden.
Unterschiedliche Oberflächenspannung zwischen den einzelnen Meßlösungen (46). Um diese zu beseitigen, wurde der Verdünnungslösung das Netzmittel "Sterox" zugesetzt, das eine allgemeine Erniedrigung der Oberflächenspannung bewirkt.
Ermüdungserscheinungen der Photozelle (28,46) Um solche Ermüdungserscheinungen auszuschalten, wurde mit der Messung erst 20 Minuten nach Einschaltung des Photoelementes begonnen, da nach dieser Zeit erfahrungsgemäß konstante Verhältnisse eingetreten sind.

Das Chlor wurde merkurimetrisch nach der Methode von Lang (35) bestimmt. Das Prinzip dieser Methode besteht darin, daß sich bei der Titration einer chloridhaltigen Lösung mit Merkurinitrat nichtdissoziiertes $HgCl_2$ bildet. Freie Hg-Ionen sind erst nach Bildung aller Cl-Ionen möglich. Ihr Auftreten wird mit Diphenylcarbazon als Indikator erkannt (41).
Zu Beginn der Bestimmung muß das Serum enteiweißt werden, da Eiweiß die Bestimmungsmethode stört (41). Ich habe die Enteiweißung nach der Methode von Folin-Wu durchgeführt (21). Danach versetzt man 40 ml Sulfat-Wolfram-Lösung unter vorsichtigem Schwenken mit 5 ml Serum. Nach 5 bis 7 Minuten gibt man wieder unter Umschwenken 5 ml 1/3 n Schwefelsäure langsam in Portionen hinzu. Dann zentri-

fugiert man langsam bei mäßiger Tourenzahl und filtriert die überstehende Flüssigkeit alsbald vom Niederschlag ab.
Nach der Enteiweißung werden 2 ml des Filtrates mit 5 Tropfen 0,1 %iger Diphenycarbazonlösung versetzt und bis zur Blaufärbung mit 0,02 n Merkurinitratlösung titriert (41, 35, 30).
Die Höhe des Chlorgehaltes resultiert aus der Menge des verbrauchten Merkurinitrates; es entspricht 1 ml 0,02 n Merkurinitratlösung 0,709 mg Chlor.

III. b Ergebnisse

Gruppe I

Patienten, die vor der Hysterektomie einen guten Allgemeinzustand hatten und kein Erbrechen zeigten.

Nr.	Rasse	Serum-K. in mg%	Serum-Na in mg%	Serum-Cl. in mg%
1	Teckel	14,1/13,1	345/336	382/361
2	Schäferhundbast.	14,5/12,8	325/315	
3	Bastard	17,7/15,8	336/310	401/386
4	Boxer	17,6/16,7	327/312	366/359
5	Schäferhund	18,2/16,6	355/348	
6	Airdale	16,2/15,6	345/340	358/374
7	Irish Setter	17,4/16,2	340/327	360/305
8	Pudelbast.	18,5/15,2	310/300	
9	Schäferhund	15,8/14,0	300/290	
10	Schäferhund	15,2/14,5	345/345	
11	Foxterrier	17,6/17,0	350/285	
12	Schäferhund	16,8/14,6	355/310	
13	Boxer	16,5/14,2	365/335	
14	Foxterrier	15,8/12,3	345/330	
15	Schäferhund	17,5/16,8	318/312	
16	Chow-Chow	17,1/15,8	352/348	
17	Dtsch.Kurzhaar	17,6/16,5	338/305	
18	Dobermann	17,3/16,0	304/320	
19	Drahth.Fox	18,8/19,4	320/330	370/367

Nr.	Rasse	Serum-K. in mg%	Serum-Na. in mg%	Serum-Cl in mg%
20	Bastard	19,6/15,2	350/326	351/378
21	Irish Terrier	20,6/15,3	365/348	374/370
22	Bernhardiner	29,2/22,0	345/350	382/386
23	Mops	22,3/16,4	360/340	
24	Teckel	18,9/21,4	340/340	
25	Teckel	23,4/16,1	333/388	
26	Schäferhund	19,8/15,7	338/336	
27	Dtsch. Kurzhaar	18,8/17,8	275/260	
28	Terrierbast.	21,0/21,4	320/310	
29	Spitz	18,8/19,0	345/340	
30	Foxterrier	19,8/17,3	335/325	
31	Scotchterrier	19,6/18,3	350/335	
32	Schäferhund	21,2/19,7	400/383	
33	Teckel	19,6/18,2	325/330	
34	Schäferhund	18,0/18,9	336/326	351/362

Gruppe II

Patienten, die vor der Hysterektomie in einem schlechten Allgemeinzustand waren und Erbrechen zeigten.

Nr.	Rasse	Serum-K. in mg%	Serum-Na. in mg%	Serum-Cl. in mg%
1	Schäferhund	13,2/13,2	327/324	336/357
2	Chow-Chow	12,2/12,2	328/354	390/384
3	Schäferhund	15,2/14,2	320/320	378/336
4	Schäferhund	18,1/18,7	305/335	390/347
5	Terrierbast.	15,0/19,6	326/339	
6	Schäferhund	18,4/14,0	360/390	312/312
7	Bernhardiner	15,7/18,4	350/345	
8	Kerryblue	17,9/18,2	380/382	
9	Pudel	19,7/18,2	305/320	382/355
10	Pudel	19,6/19,5	395/395	

III. c Diskussion

Zur Ermittlung des Kalium-, Natrium- und Chlorblutserumspiegels beim Pyometrakomplex der Hündin unter dem Einfluß der Hysterektomie wurden für die Kalium- und Natriumuntersuchungen 44 und für die Chlormessungen 16 Hunde herangezogen.

In der ersten Gruppe sind die Tiere zusammengefaßt, die vor der Hysterektomie in einem guten Allgemeinzustand waren und nicht erbrachen. Die zweite Gruppe umfaßt die Tiere, die vor der Hysterektomie einen schlechten Allgemeinzustand hatten und Erbrechen zeigten.

Es wurden folgende Mittelwerte errechnet:

		Kalium		Natrium		Chlor	
		mg%	mäq/l	mg%	mäq/l	mg%	mäq/l
Gruppe I	ante op.	18,3	4,69	338,0	146,5	369,5	104,1
	post op.	16,6	4,27	327,5	142,4	364,8	102,8
Gruppe II	ante op.	16,5	4,23	339,6	147,6	364,7	102,7
	post op.	16,6	4,26	350,4	153,4	348,5	98,1

Die Ergebnisse der Elektrolytuntersuchungen der Gruppe I zeigen, daß die prä- und postoperativen Kalium-, Natrium- und Chlorkonzentrationen innerhalb physiologischer Grenzen liegen. Von den postoperativ niedrigeren Werten aller drei Elektrolyte sank jedoch nur die Kaliumkonzentration nach dem t-Test (54) signifikant ab. Diese Ergebnisse decken sich mit denen von Dick (12), der bei 29 an Pyometra erkrankten Hunden ebenfalls einen signifikanten Kaliumabfall von 4,6 auf 4,2 mäq/l fand, während Natrium- und

Chlorverschiebungen nicht statistisch gesichert werden konnten.

Das auffallendste Ergebnis der Gruppe II ist die niedrige Kaliumkonzentration von 16,5 mg% vor der Operation. Dafür sind verantwortlich zu machen:
Verminderte Kaliumaufnahme infolge eingeschränkter Nahrungsaufnahme.
Erhöhte Kaliumabgabe mit dem Magensaft als Folge des Erbrechens.
Der mit dem Erbrechen einhergehende Natriumverlust führt zur Eigenregulation. Nach Muller (42) wird bei allen Zuständen, die zu vermehrtem Natriumverlust Anlaß geben, Aldosteron in erhöhter Menge ausgeschieden. Dadurch kommt es zu einer vermehrten Kaliumausschwemmung durch die Nieren.

Vergleicht man die postoperativen Ergebnisse mit den praeoperativen beider Gruppen und prüft sie auf Signifikanz, so kann nur ein Kaliumabfall in der Gruppe I, d.h. bei den Tieren, die vor der Hysterrektomie in einem guten Allgemeinzustand waren und nicht erbrachen, festgestellt werden.
Die Elektrolyte Natrium und Chlor zeigen in beiden Gruppen keine eindeutigen Konzentrationsänderungen. Es ist aber auffallend, daß in der Gruppe II die Chlormittelwerte postoperativ erheblich unter denen der Gruppe I liegen.

Bei den Tieren der Gruppe II, die schon vor der Operation einen erniedrigten Serumkaliumspiegel hatten, ergaben sich im Gegensatz zu denen der Gruppe I nach der Operation keine Konzentrationsveränderungen. Die Vermutung liegt nahe, daß der Körper, um ein

Abgleiten des Kaliumspiegels in pathologische Bereiche zu verhindern, das extrazelluläre Defizit durch die Aktivierung des intrazellulär gelagerten Kaliums ausgleichen konnte.

Den in der Gruppe I beobachteten Kaliumabfall stellten auch humanmedizinische Autoren nach den verschiedensten Operationen fest. Dietrich (13) fand bei 29 wegen äußerer Gallenfisteln operierten Menschen vor der Operation einen Kaliumplasmaspiegel von 20,2 mg%, der postoperativ auf 17,8 mg% signifikant absank. Stuhlfauth und Struppler (52) berichten von Elektrolytuntersuchungen an 17 Patienten vor und nach schweren intraabdominalen Operationen (Magenresektionen, Gastroenterostomien, Cholecystektomien) über einen postoperativen Kaliumverlust im Serum. Desgleichen fanden auch Eliel (18), Fourman (22), Richardson, Billinghurst und Vere (48) ebenso wie Blixenkrone-Møller (5) postoperative Hypokaliämien. Andere Autoren (50, 4) konnten den Serumkaliumabfall nicht beobachten. Sie stimmen aber alle darin überein, daß der chirurgische Eingriff eine Kaliumverarmung des Körpers nach sich zieht.
Den postoperativen Kaliumabfall sehen alle Autoren als Folge einer durch das Operationstrauma hervorgerufenen erhöhten Aldosteronausschüttung und dadurch erhöhter Kaliumausschwemmung durch die Nieren an (12, 18, 22). Blixenkrone-Møller (5) und Stuhlfauth (52) führen diesen Kaliumabfall im Serum außerdem noch auf einen verstärkten intrazellulären Kaliumeinbau, der zur Zellregeneration benötigt wird, zurück.

Bei unseren Probanden wurden zur Narkose neben Polamivet (WZ) die Phenothiazinderivate Megaphen (WZ) oder Combelen (WZ) benutzt. Nach Braun (7) bewirkt Chlorpromazin eine Diureseerhöhung. Mit dem Wasserverlust geht eine Elektrolytausschwemmung einher. Blixenkrone-Møller (5) berichten auch über einen erheblichen Anstieg der Kaliumausschwemmung nach Morphin-Scopulamin-Injektion. Sie stellten fest, daß diese vermehrte Kaliumausscheidung die Folge eines Wasserverlustes der Zellen und damit erhöhter Diurese ist.
Demnach könnte auch der signifikante Kaliumabfall unserer Messungen neben dem Operationstrauma durch den Einfluß der Narkose entstanden sein.

Die Mittelwerte der von uns gemessenen Serumelektrolytkonzentrationen liegen innerhalb der physiologischen Grenzen. Verschiedene Einzelwerte liegen jedoch erheblich darunter. So wurden bei 7 Hunden der Gruppe I Serumkaliumwerte unter 15 mg% und bei 6 Hunden Serumnatriumwerte unter 310 mg% gemessen. Die Patienten, die diese Werte aufwiesen, zeigten gegenüber den anderen Probanden bezüglich des Ausganges der Erkrankung nichts Auffälliges. Jedenfalls konnte in keinem Fall die Todesursache mit dem Abfall von Elektrolyten in Zusammenhang gebracht werden.

IV. Zusammenfassung

Mit Hilfe des Flammenphotometers der Firma Zeiss vom Typ PF 5 wurden bei 44 an Pyometra erkrankten Hunden Natrium- und Kalium- und bei 16 Hunden Chlormessungen im Serum vorgenommen.
Die Serumkonzentrationen wurden jeweils vor und 24 Stunden nach der Hysterektomie bestimmt.

Bei den Tieren, die in einem guten Allgemeinzustand zur Operation kamen, sank die Kaliumkonzentration signifikant von 18,3 mg% postoperativ auf 16,6 mg% ab.
Die Probanden, die in einem schlechten Allgemeinzustand waren und erbrachen, ließen nach der Hysterektomie keine Kaliumverschiebung erkennen. Jedoch lagen ihre präoperativen Kaliumkonzentrationen im Mittel erheblich niedriger als die der Tiere, die in einem guten Allgemeinzustand zur Operation kamen.

Veränderungen der mittleren Natrium- und Chlorkonzentrationen des Serums konnten bei den Probanden nicht statistisch gesichert werden, wenn auch der niedrige postoperative Chlormittelwert von 348,5 mg% bei den Probanden, die in einem schlechten Allgemeinzustand zur Operation kamen, auffällig ist.

In Einzelfällen konnten sowohl prä- als auch postoperative Elektrolytkonzentrationsabfälle unter die physiologischen Grenzen festgestellt werden, ohne daß ein Einfluß auf den Operationsverlauf zu erkennen war.

Eine Substitutionstherapie beim Pyometrakomplex der Hündin erscheint bei Berücksichtigung der Ergebnisse dieser Untersuchungen nicht notwendig.

V. Literaturverzeichnis

1. Albritton, E.C. — Standard values in blood. Philadelphia, Saunders London 1952.

2. Artmann, E. u. Wide, R.A. — Hypokalemia in liver cell failure. Amer. J. Med. 15, 459, 1953.

3. Belke, J. u. Dierkesmann, H. — Eine flammenphotometrische Methode zur Bestimmung von Natrium, Kalium und Calcium in biologischen Flüssigkeiten. Naunyn-Schmiedebergs Arch. exper. Path. 205, 629, 1948.

4. Bland, J.H. — Störungen des Wasser- und Elektrolythaushaltes. Stuttgart: Verl. Thieme 1959, S.375.

5. Blixenkrone-Møller, N. — Potassium metabolism in connection with operations. Acta chir. Scandinav. 97, 300, 1949.

6. Brand, H.P. u. Wirth, W. — Der Ionenhaushalt gesunder und kranker Hunde. Kleintierpraxis 6, 37, 1961.

7. Braun, T. u.a. — Der Einfluß des Chlorpromazins auf den Stoffwechsel von Stickstoff und Eiweiß. Naunyn-Schmiedebergs Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie 233, 226, 1958.

8. Brock, N. u.a. — Die Bedeutung des Kaliums für das belebte Gewebe. Biochem. Zschr. 302, 393, 1939.

9. Bunge, G. — Über die Bedeutung des NaCl und das Verhalten der Kaliumsalze im menschlichen Organismus. Zschr. Biol. 9, 104, 1873.

Zur quantitativen Analyse des Blutes. Zschr. Biol. 12, 191, 1876.

10. Bush, L. — Recent Work on the secretion of the Adrenal Cortex. Schweiz. med. Wschr. 85, 645, 1955.

11. Darrow, D.C. u. Hellerstein, St. — Interpretation of certain changes in body water and electrolytes. Physiol. Rev. 38, 114, 1958.

12. Dick, U. — Elektrolytuntersuchungen bei Pyometra. Berl. Münch. tierärztl. Wschr. 74, 230, 1960.

13. Dietrich, K.F. — Der Kalium- und Calciumverlust im postoperativen Stadium und bei äußeren Gallenfisteln. Klin. Wschr. 35, 96, 1957.

14. Dohrmann, R. — Einführung in die post- und präoperative Wasser- und Elektrolyttherapie Berlin - Göttingen - Heidelberg: Verl. Springer 1959.

15. Eisler, B. u.a. — Über den Einfluß der Narkose auf den Elektrolythaushalt des Serums. Zschr. exper. Med. 68, 529, 1929.

16. Eichholtz, F. — Lehrbuch der Pharmakologie. Berlin - Göttingen - Heidelberg: Verl. Springer 1955.

17. Eichmeier, H. — Der Ikterus des Hundes. Kleintierpraxis 5, 53, 1960.

18. Eliel, L.P. — Postoperative potassium deficit and metabolic alcalosis. N. England J. Med. 243, 471 u. 418, 1950.

19. Engel, R. — Kaliummangel. Dtsch. med. Wschr. 74, 1389, 1949.

20. Fleckenstein, A. — Der Kalium-Natrium-Austausch als Energieprinzip im Muskel und Nerv. Berlin - Göttingen - Heidelberg: Verl. Springer 1955.

21. Folien, O. u. Wu — zit. in: Merck, E. AG Darmstadt Medizinisch chemische Untersuchungsmethoden. 9. Aufl. Weinheim Verl. Chemie a.d.B. 1958.

22. Fourman, R. — The ability of the normal kidney to conserve potassium. Lancet I 6717, 1042, 1952.

23. Gafner, P. — Über den Natrium- und Kaliumgehalt sowie den Einfluß peroraler Natrium- und Kaliumverabreichung auf den Gehalt dieser Elemente im Blut der Ziege. Bern, Vet.-med. Diss. 1955.

24. Gamble, J.L. — Chemical anatomy, physiology and pathology of extrazellular fluid. Cambridge, Mass.: Harvard Univ. Press 1955.

25. Göltner, E. u. Schwab, M. — Der Einfluß von Digitoxin auf die Plasmaelektrolyte und die Wasser- und Elektrolytausscheidung beim herzgesunden Menschen. Klin. Wschr. 32, 542, 1954.

26. Heilmeyer, L. — Lehrbuch der spez. path. Physiologie, 9. Aufl. Stuttgart: Verl. Fischer 1955.

27. Herrmann, R. — Zur flammenphotometrischen Analyse von Natrium, Kalium und Calcium im Serum. Zschr. exper. Med. 118, 187, 1952.

28. Herrmann, R. — Flammenphotometrie. Berlin - Göttingen - Heidelberg: Verl. Springer 1956.

29. Heuchel, G. — Diskussionsbemerkungen in: Patholog., Physiolog. u. Klinik der Nieren-Sekretion. 3. Freiburger Symposium vom 27. bis 29. Juni 1954. Berlin - Göttingen - Heidelberg: Verl. Springer 1953, S. 124.

30. Hinsberg, K. u. Lang, K. — Medizinische Chemie. 3. Aufl. München und Berlin: Verl. Urban und Schwarzenberg 1960, S. 59.

31. Howard, J.E. — Role of potassium in medical therapy. Connecticut Med. J. 14, 596, 1950.

32. Carstensen, E. u. Scheibe, O. — Der Elektrolythaushalt Operierter. Dtsch. med. Wschr. 87, 394, 1962.

33. Köhler, G. — Flammenphotometrische Untersuchungen auf Natrium und Kalium im Serum gesunder und urämischer Hunde. Berlin FU, Vet.-med. Diss. 1961.

34. Kilian, H. u. Weese, H. — Die Narkose. Stuttgart: Verl. Georg Thieme 1954.

35. Lang, K. — Eine Verbesserung der Methodik der Chlorbestimmung im Blut. Biochem. Zschr. 290, 289, 1937.

36. Lapides, J. — Fluid and electrolyte disturbances in potassium. J. Amer. med. Ass. 152, 1305, 1953.

37. Leuthardt, Fr. — Lehrbuch der physiologischen Chemie, 14. Aufl. Berlin: Verl. de Gruyter 1959. S. 547, 551, 548, 708, 724.

38. Ljunggren, H. u.a. — The electrocardiogramm and potassium metabolism during administration of ACTH, cortisone and desoxycorticosterone acetate. Amer. Heart J. 45, 216, 1953.

39. Marriot, H.L. — Water and salt depletion. Springfield, III: Thomas 1950.

Water and salt depletion. Brit. med. J. 1947 I, 245, 385, 328.

40. Martin, H.E. u. Wertmann, M.
Electrolyte changes and the electrocardiogram in diabetic acidosis. Amer. Heart J. 34, 646, 1947.

41. Merck, E. AG Darmstadt
Medizinisch-chemische Untersuchungsmethoden. 9. Aufl. Weinheim: Verl. Chemie a.d.B. 1958. S. 32, 33, 65.

42. Muller, A.F.
Étude de l'aldostéronurie chez le sujet normal et chez le cardioque oedémateux. Schweiz. med. Wschr. 85, 1335, 1956.

Étude des variations de l'aldostéronurie sous l'effet de surcharges an potassium et de déperditions rénales et extrarénales de sel et d'eau. Schweiz. med. Wschr. 85, 12818, 1955.

43. Naegeli, R.R.
Die Stellung des Kaliums im Wasser- und Elektrolythaushalt. Basel: Verl. Schwabe 1953. S. 14, 32, 58.

44. O'Brien, J.M. u. Wilde, W.S.
Rapid serial ricording of concentration in the blood circulation and in perfusion systhems: The effluogram [1,2]. Science 116, 193, 1952.

45. Oer, A. v. u. Holfert, R.J.
Zur Methodik der flammenphotometrischen Bestimmung von Kalium, Natrium und Calcium im Blutserum. Naunyn-Schmiedebergs Arch. exper. Path. 214, 109, 1951.

46. Pigor, E. — Zur flammenphotometrischen Bestimmung von Natrium, Kalium u. Calcium im Blutserum. Gießen, Vet. med. Diss. 1954.

47. Prieur, W. — Die Konstanten des Hundes. Kleintierpraxis 6, 41, 1961.

48. Richardson, R. u.a. — Acid base disturbance and potassium depletition in some surgical patients. Lancet II 6786, 587, 1953.

49. Schütte, E. — Der Natriumstoffwechsel - der Kaliumstoffwechsel in: Physiologische Chemie, hrsg. von Flaschenträger, B. u. Lehnartz, E. Berlin - Göttingen - Heidelberg: Verl. Springer 1954. II. 1a, 618, 623.

50. Schwab, M. u. Kühns, K. — Die Störungen des Wasser- und Elektrolytstoffwechsels. Berlin - Göttingen - Heidelberg: Verl. Springer 1959. S. 222, 85 - 86, 121, 128, 107, 300.

51. Seldin, D.W. u. Tarail, R. — Effect of hypertonic sulutions on metabolism and excretion of electrolytes. Amer. J. Physiol. 159, 160, 1949.

52. Stuhlfauth, K. u.a. — Untersuchungen über die Störungen des Stoffwechsels nach Operationen und deren therapeutische Beeinflußbarkeit durch Kohlenhydrate. Zschr. klin. Med. 153, 287, 1955.

53. Thomßen, C. — Flammenphotometrische Kaliumuntersuchungen an Ratten, Meerschweinchen und Hunden. Leipzig, Vet. med. Diss. 1956.

54. Weber, E. — Grundriß der biologischen Statistik. 2. Aufl. Jena: Verl. Fischer 1956.

55. Wolff, H.P. u. Koszorek, KH.R. u.a. — Untersuchungen über die Aldosteronausscheidung bei Leberkranken. Klin. Wschr. 34, 366, 1956.

56. Zeiss — Flammenphotometer PF 5, Bestimmung von Natrium, Kalium und Calcium im Blutserum - Firmenschrift -.

Am Schluß meiner Arbeit möchte ich es nicht versäumen, Herrn Prof. Dr. L. F. Müller für die Überlassung des Themas dieser Arbeit, sowie für seine wertvollen Hinweise und Ratschläge meinen ergebenen Dank zu sagen.
Mein Dank gilt weiterhin den Mitarbeitern der Klinik für kleine Haustiere, die durch ihre freundliche Unterstützung bei der Materialbeschaffung zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

L e b e n s l a u f

Am 20. Oktober 1936 wurde ich in Spremberg als Sohn der Helga Zeidler, geb. Farnow, geboren.

Von 1942 bis 1950 besuchte ich die Grundschule und anschließend die Oberschule in Luckau. Im Jahre 1954 legte ich die Reifeprüfung ab.

Nach Absolvierung der 13. Klasse der Oberschule in Westberlin begann ich im Wintersemester 1955/56 das Studium der Veterinärmedizin an der Freien Universität Berlin.

Im Sommersemester 1958 legte ich die tierärztliche Vorprüfung ab.

Das Staatsexamen bestand ich am 28. Juni 1961.

Photodruck der Photo Copie GmbH.